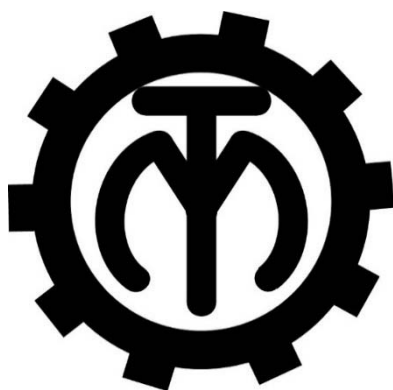


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов направления подготовки 27.03.05 «Инноватика»  
дневной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 621.01  
ББК 34.41  
О84

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «16» марта 2022 г.,  
протокол № 10

Составители: канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко;  
ст. преподаватель В. В. Афаневич

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации содержат указания для выполнения практических заданий в соответствии с рабочей программой дисциплины «Основы технологии машиностроения», а также краткие теоретические положения и необходимые справочные данные.

Учебно-методическое издание

## ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

1 Практическая работа № 1. Обеспечение точности размерной цепи. Метод полной взаимозаменяемости.....	4
2 Практическая работа № 2. Обеспечение точности размерной цепи. Метод регулирования.....	10
3 Практическая работа № 3. Расчет и назначение припусков на обработку.....	15
4 Практическая работа № 4. Расчет затрат времени на операции, выполняемые на станках с ЧПУ .....	24
5 Практическая работа № 5. Проектирование технологических процессов обработки.....	28
6 Практическая работа № 6. Разработка технологической документации.....	35
7 Практическая работа № 7. Построение схемы и циклограммы сборки .....	46
Список литературы .....	48

# 1 Практическая работа № 1. Обеспечение точности размерной цепи. Метод полной взаимозаменяемости

*Цель работы:* приобретение навыков выявления конструкторских размерных цепей, а также их расчета.

## 1.1 Теоретические сведения

Вопрос о выборе метода достижения точности машины решается на основе технико-экономических расчетов и должен соответствовать типу производства. Выбор метода начинается с тщательного изучения сборочных чертежей и установления связей и взаимодействия всех сборочных единиц и деталей, составляющих машину. При этом необходимо четко сформулировать задачи, которые требуется решать в процессе достижения ее точности. Исходя из поставленных задач, находят исходные (замыкающие) звенья и выявляют соответствующие им размерные цепи.

Размерные цепи отражают размерные связи между геометрическими элементами деталей, сборочных единиц, изделий в сфере конструирования и эксплуатации, между элементами заготовок на разных стадиях технологического процесса в сфере технологического проектирования и изготовления и т. п.

Размеры, входящие в размерную цепь, называют *звеньями*. Звенья разомкнутой размерной цепи, которые предписаны к изготовлению и контролю, называют *составляющими*. Звено, введение которого в разомкнутую размерную цепь превращает ее в замкнутую, называют *замыкающим*.

В качестве составляющих звеньев размерной цепи могут быть приняты:

- расстояния (относительные повороты) между поверхностями (их осями) деталей, образующими исходное звено;
- расстояния (относительные повороты) между поверхностями вспомогательных и основных баз деталей.

Для выявления цепи необходимо идти от поверхностей или осей деталей, образующих исходное звено, к поверхностям или осям деталей, размеры которых оказывают влияние на исходное звено, до образования замкнутого контура. Замкнутость контура размерной цепи является одним из условий правильности ее построения.

При разработке конструкции машины конструктором предусматриваются методы достижения точности ее параметров. Задача технолога – выяснить эти методы и с позиции реальных условий производства оценить их. Известно пять методов достижения точности замыкающего звена: метод полной взаимозаменяемости; метод неполной взаимозаменяемости; метод групповой взаимозаменяемости; метод регулирования; метод пригонки.

**Обеспечение точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости.**

Сущность метода состоит в том, что точность замыкающего звена обеспечивается у всех без исключения изделий без какого-либо подбора звеньев

или их пригонки.

Преимущества метода полной взаимозаменяемости заключаются в следующем: простота и экономичность сборки; возможность автоматизации сборочных процессов; возможность кооперирования предприятий; упрощение системы изготовления запасных частей и снабжение ими потребителей.

К недостаткам метода следует отнести относительно небольшие по сравнению с другими методами допуски составляющих звеньев. Поэтому метод применяют при небольшом числе составляющих звеньев.

Метод основан на следующих зависимостях:

– уравнение размерной цепи в номиналах

$$A_{\Delta} = \sum A_{ув} - \sum A_{ум}, \quad (1.1)$$

где  $A_{\Delta}$  – номинальное значение замыкающего звена;

$\sum A_{ув}$ ,  $\sum A_{ум}$  – сумма увеличивающих и уменьшающих звеньев

соответственно;

– допуск замыкающего звена

$$T_{\Delta} = \sum T_{ув} + \sum T_{ум}; T_{\Delta} = \sum T_i, \quad (1.2)$$

где  $\sum T_i$  – сумма допусков всех составляющих звеньев.

## 1.2 Пример выполнения практической работы

1 Исходные данные в виде эскиза сборочного узла (рисунок 1.1).

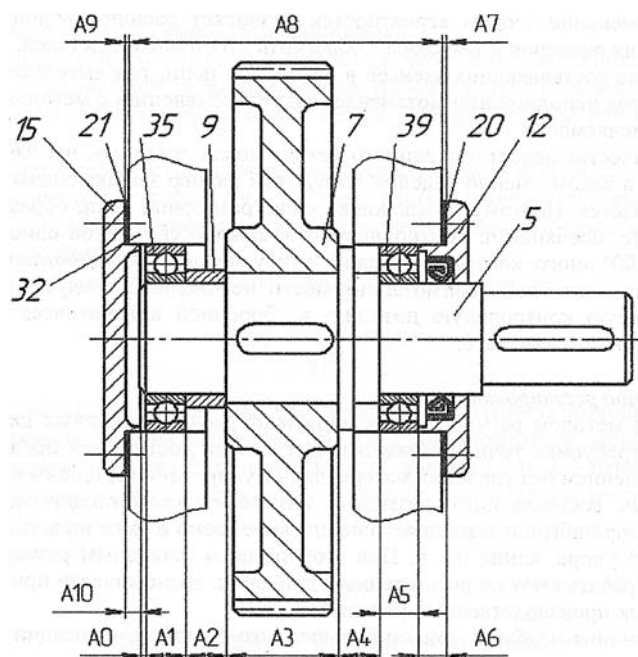


Рисунок 1.1 – Эскиз расчетного сборочного узла

2 Выявляем линейную размерную цепь для вала 5 (см. рисунок 1.1).

Определяем замыкающее звено – для обеспечения свободного и беспрепятственного вращения вала 5 между кольцами подшипников 35, буртиков вала 5, кольцом 9, крышками 12 и 15 должен быть зазор, обеспечивающий температурные деформации вала 5 в процессе работы.

Суммарный зазор может быть равномерно распределен между крышкой 15 и наружной обоймой подшипника 35, между наружным кольцом подшипника 39 и крышкой 12, а также может быть сконцентрирован равновероятно в любом из двух перечисленных сопряжений. В каждом случае для практических расчетов положение зазора в сопряжении не имеет принципиального значения. Таким образом, замыкающим звеном условно принимаем суммарный зазор между наружным кольцом подшипника 35 и крышкой 15.

Величина зазора определяется соответствующими расчетами; в учебных целях величину зазора и его допуск назначает преподаватель:  $A_0 = 0_{+0,1}^{+0,8}$ .

Определяем остальные звенья размерной цепи, для чего последовательно обходим все детали сборочного узла, пытаясь по кратчайшему пути замкнуть размерную цепь:

- звено  $A_1 = 9,5$  – ширина подшипника 35;
  - подшипник 35 своим торцом находится в сопряжении с кольцом 9 – следующее звено размерной цепи: ширина кольца 9,  $A_2 = 10,5$ ;
  - кольцо 9 находится в сопряжении с колесом 7 –  $A_3 = 28,5$ ;
  - колесо 7 находится в сопряжении с буртиком вала 5, который далее сопрягается с подшипником 35 –  $A_4 = 4 + 6,5 = 10,5$ ;
  - $A_5 = 9,5$ ;
  - подшипник 35 сопрягается с крышкой 12 –  $A_6 = X$ ;
  - крышка 12 далее сопрягается с прокладкой 20 –  $A_7 = 1$ ;
  - прокладка 20 устанавливается на корпус (поз. 3, 4) –  $A_8 = 78,5$ ;
  - корпус находится в соединении с прокладкой 21 –  $A_9 = 1$ ;
  - прокладка 21 – с крышкой 15 –  $A_{10} = X$ ;
  - крышка сопрягается с замыкающим звеном – цепь замкнулась.
- Осуществляем построение размерной цепи (рисунок 1.2).

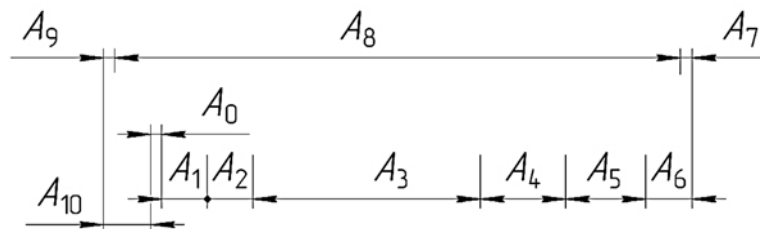


Рисунок 1.2 – Размерная цепь

Рассчитываем номинальные размеры неизвестных звеньев  $A_6$  и  $A_{10}$ :

$$A_9 + A_8 + A_7 = A_{10} + A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6;$$

$$1 + 78,5 + 1 = A_{10} + 0 + 9,5 + 10,5 + 28,5 + 10,5 + 9,5 + A_6;$$

$$A_{10} + A_6 = 12.$$

Принимаем  $A_{10} = A_6 = 6$  мм.

Формируем таблицу результатов расчета (таблица 1.1), заполняем столбцы 1 и 2.

3 Заполняем столбец 3, для чего для увеличивающихся звеньев записываем  $+1$  ( $A_7 \dots A_9$ ), а для уменьшающихся  $-1$  ( $A_1 \dots A_6, A_{10}$ ).

4 В столбец 4 заносим произведение столбца 2 на столбец 3.

5 Определяем для каждого размера количество единиц допуска, используя данные таблицы 1.2, и заносим результат в столбец 5.

Таблица 1.1 – Результаты расчета размерной цепи

Номер звена	$A$ , мм	$\xi$	$\xi A$	$i$	$T$ , мкм	$ESA_i$ , $EIA_i$ , мм	$E_{Ci}$ , мм	$A_i$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	–	–	–	700	+0,8 +0,1	+0,45	$0^{+0,8}_{+0,1}$
1	9,5	–1	–9,5	–	120	0 –0,12	–0,06	$9,5_{-0,12}$
2	10,5	–1	–10,5	1,08	70	0 –0,07	–0,035	$10,5_{-0,07}$
3	28,5	–1	–28,5	1,31	(84) = 52	–0,31 –0,38	–0,345	$28,5^{+0,31}_{-0,38}$
4	10,5	–1	–10,5	1,05	70	0 –0,07	–0,035	$10,5_{-0,07}$
5	9,5	–1	–9,5	–	120	0 –0,12	–0,06	$9,5_{-0,12}$
6	6	–1	–6	0,73	48	+0,024 –0,024	0	$6^{+0,024}_{-0,024}$
7	1	+1	1	0,55	25	0 –0,025	–0,0125	$1_{-0,025}$
8	78,5	+1	78,5	1,86	120	0 –0,12	–0,06	$78,5_{-0,12}$
9	1	+1	1	0,55	25	0 –0,025	–0,0125	$1_{-0,025}$
10	6	–1	–6	0,73	48	+0,024 –0,024	0	$6^{+0,024}_{-0,024}$
			$\Sigma = 0$	$\Sigma = 7,86$	$\Sigma = 698$			

Например: для  $A_3 = 28,5$  соответствует интервал «Св. 18 до 30» –  $i = 1,31$ .

Исключение составляют звенья  $A_1$  и  $A_5$  – ширина подшипников 35 и 39, являющиеся стандартными элементами с уже известными допусками и отклонениями.

Для этих звеньев  $T_1 = T_5 = 120$ ,  $ESA_1 = ESA_5 = 0$ ,  $EIA_1 = EIA_5 = -120$ , аналогично заполняем столбцы 6 и 7.

Таблица 1.2 – Значения единиц допуска для размеров от 1 до 500 мм

Интервал размеров, мм	До 3	Св. 3	Св. 6	Св. 10	Св. 18	Св. 30	Св. 50	Св. 80	Св. 120	Св. 180	Св. 250	Св. 315	Св. 400
		до 6	до 10	до 18	до 30	до 50	до 80	до 120	до 180	до 250	до 315	до 400	до 500
Значение единицы допуска $i$ , мкм	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,53	1,86	2,17	2,52	2,90	3,23	3,54	3,89

Определяем суммарное количество единиц допуска:

$$\sum i = \sum i_i = 1,08 + 1,31 + 1,05 + 0,73 + 0,55 + 1,86 + 0,55 + 0,73 = 7,86.$$

6 Определяем среднее количество единиц допуска:

$$a_{cp} = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{m+n} i} = \frac{700 - 120 - 120}{7,86} = 58,52.$$

Исходя из данных таблицы 1.3, средний квалитет 9, 10 – на ряд звеньев назначаем допуски по 9-му, а на часть по 10-му квалитету точности, заполняем столбец 6.

Таблица 1.3 – Количество единиц допуска в допуске квалитета точности

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Количество единиц допуска $a$	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Осуществляем проверку правильности назначения допусков:

$$700 = 120 + 70 + 84 + 70 + 120 + 48 + 25 + 120 + 25 + 48 \text{ или } 700 = 730.$$

Условие не выполняется на 30 мкм – корректируем допуск звена  $A_3$  – уменьшаем с 10-го до 9-го квалитета с 84 до 52 мкм (на 32 мкм), проверяем:

$$700 = 120 + 70 + 52 + 70 + 120 + 48 + 25 + 120 + 25 + 48 \text{ или } 700 = 698.$$

Условие выполнено (допускается незначительное сокращение суммарного значения допусков – точность сборки будет обеспечена).

7 Исходя из сборочного чертежа, назначаем отклонения для звеньев и заносим в столбец 7, за исключением одного (любого) звена  $A_4$ , величину отклонений которого определим расчетным путем.

Например:  $A_3 = 28,5$  – ширина шестерни – охватываемое звено: верхнее



отклонение равно 0, а нижнее в «минус»:  $28,5_{-0,052}^0$ .

8 Определяем координаты середин полей допусков, результат заносим в столбец 8 (за исключением звена  $A_4$ ).

Например:

$$E_{ci} = \frac{ESAi + EIAi}{2} = EC_3 = \frac{0 - 0,052}{2} = -0,026.$$

Рассчитываем координату середины поля допуска звена  $A_4$  по формуле

$$E_{C\Delta} = \sum^m Ec_{y\delta} - \sum^n Ec_{y\mu}; \quad (1.3)$$

$$0,45 = 0,06 + 0,035 - EC_4 + 0,035 + 0,06 - 0 - 0,0125 - 0,06 - 0,0125 - 0;$$

$$EC_4 = 0,105 - 0,45 = -0,345.$$

Тогда значения отклонений

$$ES_4 = EC_4 + \frac{T_4}{2} = -0,345 + \frac{0,07}{2} = -0,31;$$

$$EI_4 = EC_4 - \frac{T_4}{2} = -0,345 - \frac{0,07}{2} = -0,38.$$

9 Выполняем проверку правильности расчетов:

$$ESA_{\Delta} = \sum^m Ec_{y\delta} - \sum^n Ec_{y\mu} + 0,5 \cdot \sum^{m+n} Ti; \quad (1.4)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum^m Ec_{y\delta} - \sum^n Ec_{y\mu} - 0,5 \cdot \sum^{m+n} Ti; \quad (1.5)$$

$$0,8 = -0,0125 - 0,06 - 0,0125 + 0,06 + 0,035 + 0,345 + 0,035 + 0,06 + 0,5 \cdot 0,698;$$

$$0,8 = 0,799.$$

С учетом того, что 2 мкм были не распределены,

$$0,8 = 0,799 + \frac{0,002}{2} \text{ или } 0,8 = 0,8.$$

Проверка выполнена.

Заполняем столбец 9 окончательными результатами.

### **Контрольные вопросы**

1 Какие звенья размерной цепи относятся к увеличивающим звеньям, а какие – к уменьшающим?

- 2 Перечислите основные методы расчета точности замыкающего звена.
- 3 Назовите недостатки метода полной взаимозаменяемости.

## 2 Практическая работа № 2. Обеспечение точности размерной цепи. Метод регулирования

*Цель работы:* ознакомление студентов с расчетом размерных цепей методом регулирования, обеспечивающим заданную точность замыкающего звена, методикой расчета размерной цепи методом регулирования.

### 2.1 Теоретические сведения

Машины и другие изделия будут работать нормально тогда, когда составляющие их детали и поверхности последних будут занимать одна относительно другой определенное, соответствующее служебному назначению положение. Правильное их положение определяется размерными цепями.

*Размерной цепью* называют совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи (рисунок 2.1), цепь А.

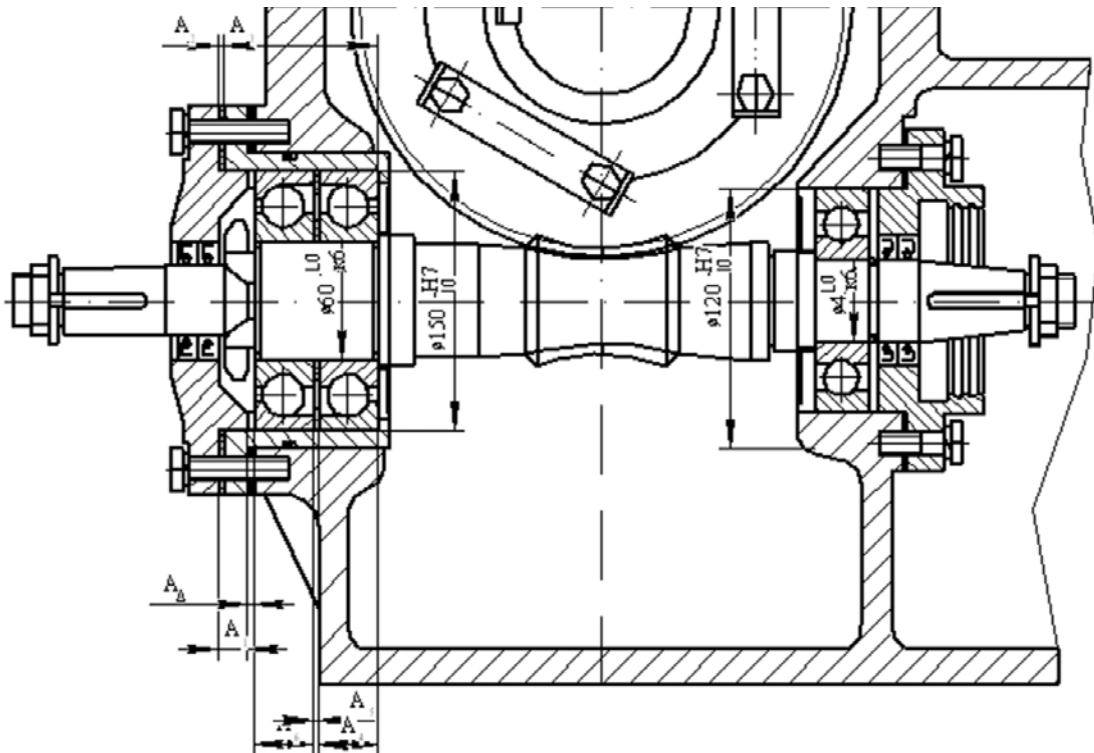


Рисунок 2.1 – Размерная цепь

Размерные цепи бывают линейные, пространственные, угловые и плоские.

Размерную цепь называют *плоской*, если ее размеры расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях.

Размерные цепи, звеньями которых являются линейные размеры, называют *линейными*.

Задачи обеспечения точности изделий при конструировании решают с помощью конструкторских размерных цепей.

Размеры, образующие размерную цепь, называют *звеньями размерной цепи*. Размерная цепь состоит из составляющих звеньев и одного замыкающего.

*Замыкающее звено*  $A_{\Delta}$  – звено, которое получается последним в результате сборки узла (машины) или обработки детали.

Составляющее звено ( $A_1...A_i$ ) – звено размерной цепи, изменение которого вызывает изменение замыкающего звена. Если увеличение составляющего звена вызывает увеличение замыкающего, то оно называется *увеличивающим*, а если уменьшение – *уменьшающим*.

Исходное звено – звено размерной цепи, номинальный размер и допуск которого определяют функционирование механизма и должны быть обеспечены в результате решения размерной цепи. В процессе сборки исходный размер становится замыкающим.

Размерные цепи обычно условно изображают в виде схемы (рисунок 2.2).

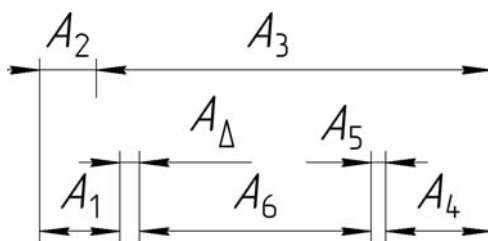


Рисунок 2.2 – Схема размерной цепи

Звенья размерных цепей обозначают прописными буквами с цифрами (см. рисунок 2.2). Исходное (замыкающее) звено обозначается буквой с индексом  $\Delta$ . Над буквенными обозначениями звеньев принято изображать стрелки, направленные вправо, – для увеличивающих звеньев и влево – для уменьшающих.

Под методом регулирования понимают расчет цепей, при котором требуемая точность исходного (замыкающего) звена достигается преднамеренным изменением (регулированием) одного из заранее выбранных составляющих размеров, называемого компенсирующим.

Сущность метода состоит в том, что на составляющие звенья допуски увеличиваются до экономически целесообразных в данных производственных условиях величин, а точность замыкающего звена обеспечивается за счет изменения размеров компенсирующего звена. Этот метод предполагает наличие в изделиях подвижных (регулирующих винтов) или неподвижных компенсаторов (подкладных плат, колец, прокладок, втулок и т. п.).

При обеспечении точности замыкающего звена методом регулирования используют следующие основные математические зависимости.

### Производственный допуск замыкающего звена

$$TA'_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} TA'_i, \quad (2.1)$$

где  $TA'_i$  – производственные допуски, установленные на составляющие звенья, кроме компенсирующего звена.

Величина компенсации определяется по формуле

$$T_k = TA'_\Delta - TA_\Delta + T_{MK}, \quad (2.2)$$

где  $TA_\Delta$  – допуск замыкающего звена;

$T_{MK}$  – допуск на изготовление компенсатора (обычно принимается по 10-му качеству точности).

Координата середины поля производственного допуска замыкающего звена

$$E_c A'_\Delta = \sum_{i=1}^{m-2} \xi_c A'_i. \quad (2.3)$$

Алгоритм расчета размерной цепи при использовании метода регулирования представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Алгоритм расчета размерной цепи методом регулирования

Расчетный параметр	Расчетная формула
1 Записать параметры замыкающего звена: номинальное значение, предельные отклонения, допуск, координату середины поля допуска	$A_\Delta = \dots; ESA_\Delta = \dots; EIA_\Delta = \dots;$ $TA_\Delta = ESA_\Delta - EIA_\Delta;$ $E_c A'_\Delta = \frac{ESA_\Delta + EIA_\Delta}{2}$
2 Выявить размерную цепь, увеличивающие и уменьшающие звенья, составить ее схему, определить компенсирующее звено	По чертежу изделия
3 Конструктивно определить номинальные значения составляющих звеньев	По чертежу изделия
4 Проверить правильность определения номинальных значений составляющих звеньев	$A_\Delta = \sum_{i=1}^m A_{i\text{ув}} - \sum_{i=1}^n A_{i\text{ум}}$
5 По ГОСТ 25346–82 установить экономически целесообразные допуски $TA'_i$ (по IT10...IT14)	$TA'_1 = \dots; TA'_2 = \dots;$ $TA'_3 = \dots; TA'_{m-2} = \dots$
6 Задать расположение допусков составляющих звеньев и записать их предельные отклонения, кроме компенсирующего звена	Для охватывающих звеньев $ESA_i = +TA_i; EIA_i = 0.$ Для охватываемых звеньев $ESA_i = 0; EIA_i = -TA_i$
7 Определить координаты середины полей допусков составляющих звеньев, кроме компенсирующего	$E_c A'_i = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}$
8 Определить производственный допуск замыкающего звена, за исключением компенсирующего	$TA'_\Delta = \sum_{i=1}^{m+n-1} TA'_i$

## Окончание таблицы 2.1

Расчетный параметр	Расчетная формула
9 Определить величину компенсации	$T_k = TA'_\Delta - TA_\Delta + T_{mk}$
10 Определить координату середины производственного допуска замыкающего звена	$E_c A'_\Delta = \sum_{i=1}^m E_{ci \text{ yв}} - \sum_{i=1}^n E_{ci \text{ yм}}$
11 Определить величину компенсации координаты середины поля производственного допуска замыкающего звена	$E_c A_k = \pm (E_c A_\Delta - E_c A'_\Delta)^*$
12 Определить предельные значения величины необходимой компенсации	$ESA_k = E_c A_k + \frac{TA_k}{2};$ $EIA_k = E_c A_k - \frac{TA_k}{2}$
Если $EIA_k > 0$ , то дальше выполнить пп. 15 и 16 Если $EIA_k < 0$ , то выполнить п. 13 и далее	
13 Изменить координату середины поля допуска одного из составляющих звеньев на величину	$E_c A_i'' = E_c A_i' - EIA_k$ (для увеличивающих звеньев); $E_c A_i'' = E_c A_i' + EIA_k$ (для уменьшающих звеньев)
14 Определить новые предельные отклонения для измененного звена	$ESA_i'' = E_c A_i'' + \frac{TA_i'}{2};$ $EIA_i'' = E_c A_i'' - \frac{TA_i'}{2}$
15 Установить толщину одной прокладки	$S \leq TA_\Delta$
16 Определить количество прокладок	$N = \frac{T_k}{S}$
<i>Примечание</i> – * – знак «плюс» ставится в том случае, если компенсатор является увеличивающим звеном, а знак «минус» – уменьшающим звеном	

При сборке, в зависимости от разности между получаемым замыкающим размером и требуемым исходным размером, устанавливают необходимое число прокладок.

## 2.2 Пример выполнения практической работы

*Постановка задачи:* обеспечить осевой зазор  $A_\Delta$ , определяющий люфт червяка, в пределах 0,01...0,06 мм. Для решения задачи представляем замыкающее звено в виде  $A_\Delta = 0_{+0,01}^{+0,06}$ .

Задача решается методом регулирования, т. к. допуск замыкающего звена  $TA_\Delta = 0,05$  мм довольно жесткий и не позволяет применять другие методы. В качестве компенсатора принимаем комплект прокладок (звено  $A_2$ ). Номинальные размеры составляющих звеньев назначаются конструктивно по чертежу (см. рисунок 2.1) с учетом масштаба. Монтажная высота подшипников  $A_4 = A_5 = 31_{-0,25}$  (ГОСТ 335–71). Задачу решаем в соответствии с алгоритмом, представленным в таблице 2.1.

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчета размерной цепи  $A$

В миллиметрах

Расчетный параметр	Результат расчета
1 Параметры замыкающего звена	$A_{\Delta} = 0,01 \dots 0,06$ мм; $ESA_{\Delta} = 0,06$ мм; $EIA_{\Delta} = 0,01$ мм; $TA_{\Delta} = 0,06 - 0,01 = 0,05$ мм; $E_{cA_{\Delta}} = + 0,035$ мм
2 Схема размерной цепи	
3 Номинальные размеры составляющих звеньев	$A_1 = 10$ мм; $A_2 = 0,5$ мм; $A_3 = 75$ мм; $A_4 = A_6 = 31$ мм; $A_5 = 3,5$ мм
4 Проверка правильности установления номинальных размеров	$A_{\Delta} = A_2 - A_3 - A_1 - A_4 - A_5 - A_6$ ; $A_{\Delta} = 0,5 + 75 - 10 - 31 - 31 - 3,5 = 0$ мм
5 Предельные отклонения составляющих звеньев, кроме компенсирующего	$A_1 = 10 \pm 0,075$ ; $A_3 = 75^{+0,19}$ ; $A_4 = A_6 = 31_{-0,25}$ ; $A_5 = 3,5_{-0,048}$
6 Допуски и координаты середин допусков составляющих звеньев, кроме компенсирующего звена	$TA_1 = 0,15$ мм; $E_{cA_1} = 0$ мм; $TA_3 = 0,19$ мм; $E_{cA_3} = +0,095$ ; $TA_4 = TA_6 = 0,25$ ; $E_{cA_4} = E_{cA_6} = -0,125$ ; $TA_5 = +0,048$ мм; $E_{cA_5} = -0,024$ мм
7 Производственный допуск замыкающего звена	$TA_{\Delta} = 0,15 + 0,19 + 2 \cdot 0,25 + 0,048 = 0,888$ мм
8 Величина компенсации	$TA_{\kappa} = 0,888 - 0,05 + 0,02 = 0,86$ мм
9 Координата середины поля производственного допуска замыкающего звена	$E_{cA'_{\Delta}} = E_{cA_3} - E_{cA_1} - E_{cA_4} - E_{cA_5} - E_{cA_6}$ ; $E_{cA'_{\Delta}} = 0,095 - 0 + 2 \cdot 0,125 + 0,024 = 0,364$
10 Величина компенсации координаты середины поля производственного допуска замыкающего звена	$E_{cA_{\kappa}} = + (E_{cA_{\Delta}} - E_{cA'_{\Delta}})$ ; $E_{cA_{\kappa}} = + (0,035 - 0,364) = -0,329$ мм
11 Предельные значения величины компенсации	$ESA_{\kappa} = -0,329 + 0,5 \cdot 0,86 = +0,101$ мм; $EIA_{\kappa} = -0,329 - 0,5 \cdot 0,86 = -0,759$ мм
12 Величина изменения координаты середины поля допуска звена $A_3$ (увеличивающее звено)	$E_{cA_3} = 0,095 - (-0,759) = 0,854$ мм
13 Новые предельные отклонения звена $\Delta_3$	$ESA''_3 = 0,854 + 0,5 \cdot 0,19 = 0,950$ мм; $EIA''_3 = 0,854 - 0,5 \cdot 0,19 = 0,760$ мм
14 Толщина одной прокладки	$S = 0,05$ мм
15 Число прокладок	$N = \frac{0,86}{0,05} = 17,2$ ; $N_{np} = 18$ шт.

### Контрольные вопросы

- 1 Что называется размерной цепью?
- 2 Составляющие звенья цепей, их виды.

- 3 Что такое исходное (замыкающее) звено?
- 4 Какие задачи решают с помощью размерных цепей?
- 5 Методы расчета размерных цепей.
- 6 Сущность расчета размерных цепей методом регулирования.
- 7 Назначение компенсирующего звена в размерной цепи.
- 8 Какие виды компенсаторов применяются для достижения точности замыкающего звена?
- 9 Как определяется величина компенсации?
- 10 Как назначаются допуски на размеры составляющих звеньев?
- 11 Назначение прокладок, количество которых определяется в процессе расчета размерной цепи.
- 12 Как обеспечивается точность замыкающего звена при сборке?

### **3 Практическая работа № 3. Расчет и назначение припусков на обработку**

*Цель работы:* приобретение навыков расчета межоперационных припусков.

#### **3.1 Теоретические сведения**

*Общим припуском* на обработку называется слой материала, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали.

*Операционный припуск* – это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении конкретной технологической операции. Минимальная величина припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Различают *минимальный, номинальный и максимальный* припуски.

При расчете минимального промежуточного припуска (припуска на конкретную технологическую операцию или переход) учитывают следующие составляющие его элементы:

- высоту микронеровностей  $Rz_{i-1}$ , полученную на предшествующем переходе;
- состояние и глубину  $h_{i-1}$  поверхностного слоя в результате выполнения предшествующего перехода;
- пространственные отклонения  $\rho_{i-1}$  расположения обрабатываемой поверхности относительно технологических баз;
- погрешность установки  $\varepsilon_i$  при выполнении перехода.

*Шероховатость поверхности  $Rz_{i-1}$*  и характеристика поверхностного слоя  $h_{i-1}$  зависят от режима резания, качества обрабатываемого материала и других факторов.

*Поверхностный слой  $h_{i-1}$* , образовавшийся в результате предшествующего перехода, удаляется на выполняемом переходе полностью или частично.

Например, при изготовлении поковок образуется обезуглероженный слой до 0,5 мм, который следует удалить полностью с обрабатываемой поверхности, т. к. этот слой является дефектным.

*Пространственные отклонения*  $\rho_{i-1}$  характеризуются погрешностью расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки. Примерами пространственных отклонений могут быть: отклонения от соосности наружной поверхности вращения и поверхности отверстия у заготовок типа втулок и дисков; изгиб заготовки вала; выпуклость и вогнутость плоскостей; отклонение от параллельности обрабатываемой плоскости корпуса и базовой плоскости; отклонение от перпендикулярности торцовой поверхности к оси отверстия и др.

*Составляющей минимального промежуточного припуска* является также погрешность установки заготовок на выполняемом переходе  $\varepsilon_i$ . Эта погрешность характеризуется смещением или поворотом подлежащей обработке поверхности относительно баз, поэтому эта погрешность должна быть компенсирована соответствующим увеличением припуска.

Суммируя величины  $Rz_{i-1}$ ,  $h_{i-1}$ ,  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ , получают минимальный расчетный припуск для технологического перехода.

При обработке плоскостей векторы  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  суммируются арифметически, т. к. они коллинеарны (параллельны) и направлены перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Следовательно, при обработке плоскости расчетная формула минимального припуска имеет вид:

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (3.1)$$

При обработке двух противоположных плоскостей одноименными методами припуск на две стороны составит

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (3.2)$$

При обработке поверхностей вращения векторы  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$  могут принять любое угловое положение и потому их суммирование целесообразно выполнять по правилу *квадратного корня*:

$$\rho_{i-1} + \varepsilon_i = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (3.3)$$

Величина межоперационного припуска на диаметр (при обработке поверхностей вращения) удваивается. Следовательно, припуск на диаметр при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (3.4)$$

При анализе конкретных переходов некоторые составляющие из общей формулы расчета припуска могут быть исключены. Так, при обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, погрешность  $\varepsilon_i$  может быть принята равной нулю и, следовательно,



$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (3.5)$$

При шлифовании заготовок после термообработки поверхностный слой необходимо по возможности сохранить, следовательно, слагаемое  $h_{i-1}$  нужно исключить из расчетной формулы, т. е. для односторонней обработки

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (3.6)$$

а для двухсторонней –

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (3.7)$$

Следовательно, при расчете минимально необходимого припуска следует учитывать конкретные условия обработки. В зависимости от этих условий некоторые слагаемые не учитываются, что позволяет уменьшить припуск и сократить расходы на обработку.

Расчет припусков удобно производить в виде расчетной карты. Порядок расчета припусков представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Порядок расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам

Наружная поверхность	Внутренняя поверхность
1 Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки, записать в расчетную карту обрабатываемые элементарные поверхности заготовки и технологические переходы обработки в порядке последовательности их выполнения по каждой элементарной поверхности от черновой заготовки до окончательной обработки	
2 Записать значения $Rz$ , $T$ , $\rho$ , $\varepsilon$ , $Td$ , $TD$ или $TL$ для каждого перехода	
3 Определить расчетные минимальные припуски на обработку по всем технологическим переходам	
4 Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу	4 Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер детали по чертежу
5 Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска $z_{\min}$	5 Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска $z_{\min}$
6 Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру расчетного припуска $z_{\min}$ следующего за ним смежного перехода	6 Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода вычитанием из расчетного размера расчетного припуска $z_{\min}$ следующего за ним смежного перехода
7 Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода	7 Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода

Окончание таблицы 3.1

Наружная поверхность	Внутренняя поверхность
8 Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру	8 Определить наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего предельного размера
9 Записать предельные значения припусков $z_{\max}$ как разность наибольших предельных размеров и $z_{\min}$ как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов	9 Записать предельные значения припусков $z_{\max}$ как разность наименьших предельных размеров и $z_{\min}$ как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов
10 Определить общие припуски $z_{0\max}$ и $z_{0\min}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку	
11 Проверить правильность произведенных расчетов по формулам $z_{i\max} - z_{i\min} = T_{i-1} - T_i; 2z_{i\max} - 2z_{i\min} = Td(TD)_{i-1} - Td(TD)_i;$ $z_{0\max} - z_{0\min} = T_z - T_\partial; 2z_{0\max} - 2z_{0\min} = Td(TD)_z - Td(TD)_\partial$	
12 Определить общий номинальный припуск по формулам $z_{0ном} = z_{0\min} + ei_3 - ei_\partial;$ $2z_{0ном} = 2z_{0\min} + ei_3 - ei_\partial$	12 Определить общий номинальный припуск по формулам $z_{0ном} = z_{0\min} + ES_3 - ES_\partial;$ $2z_{0ном} = 2z_{0\min} + ES_3 - ES_\partial$
13 Определить номинальный размер заготовки по формуле $d_{3ном} = d_{\partial\min} + Z_{0ном} (2Z_{0ном})$	13 Определить номинальный размер заготовки по формуле $D_{3ном} = D_{\partial\min} + Z_{0ном} (2Z_{0ном})$
14 Округлить номинальные размеры заготовок в сторону увеличения для наружных поверхностей и в сторону уменьшения для внутренних поверхностей согласно рекомендациям стандартов (ГОСТ 2590–88 – для проката, ГОСТ 7505–89 – для поковок, ГОСТ 25645–85 – для отливок) и окончательно установить размеры заготовок: номинальный и отклонения (верхнее и нижнее)	
<p><i>Примечание</i> – <math>Td, TD, TL</math> – допуски на размеры наружных и внутренних поверхностей; <math>T_{i-1} (T_i)</math> – допуски предыдущего и выполняемого переходов; <math>T_z (T_\partial)</math> – допуски заготовки и детали; <math>Td (TD)_z, Td (TD)_\partial</math> – допуски заготовки и детали; <math>ei_3 (ei_\partial)</math> – нижние отклонения заготовки и детали; <math>ES_3 (ES_\partial)</math> – верхние отклонения заготовки и детали; <math>d_{3ном} (d_{\partialном})</math> – номинальные размеры заготовки и детали (для наружных поверхностей); <math>D_{3ном} (D_{\partialном})</math> – номинальные размеры заготовки и детали (для внутренних поверхностей)</p>	

Рассмотренный метод назначения припусков на механическую обработку получил название аналитического. Достоинством метода является возможность обоснованно определить операционные размеры. Припуски можно также назначать табличным методом с использованием стандартов ГОСТ 2590–88 – на прокат, ГОСТ 7505–89 – на поковки, ГОСТ 25645–85 – на отливки и др., однако в этом случае можно определить только общий припуск и нет возможности определения операционных припусков.

При расчете минимального припуска *отклонения расположения* необходимо учитывать: у заготовок (под первый технический переход); после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий переход); после термической обработки. На стадиях чистовой и отделочной обработки этими отклонениями пренебрегают.

Отклонение оси детали от прямолинейности (кривизну) определяют в зависимости от способа установки. При установке в центрах общее на длине  $L$  отклонение от прямолинейности (кривизна) определяется соотношением

$$\rho_{i-1} = \Delta_K L / 2, \quad (3.8)$$

а при консольном закреплении –

$$\rho_{i-1} = 2\Delta_K L \cos[\arctg(2\Delta_K)], \quad (3.9)$$

где  $\Delta_K$  – кривизна оси заготовки, мкм/мм.

Суммарное значение нескольких отклонений расположения определяют как векторную сумму, если направления этих векторов неизвестны:

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{\rho_{i-1,1}^2 + \rho_{i-1,2}^2 + \dots} \quad (3.10)$$

Так, при обработке проката круглого сечения в центрах получим

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \Delta_y^2}, \quad (3.11)$$

где  $\rho_{i-1}$  – общее отклонение оси от прямолинейности;

$\Delta_y$  – смещение оси заготовки в результате погрешности расположения центровых отверстий, которая определяется при известном допуске  $TD$  диаметрального размера базы заготовки, использованной при центрировании (в миллиметрах), соотношением (при угле призмы  $90^\circ$ )

$$\Delta_y = \sqrt{\frac{TD^2}{2} + 0,25^2}. \quad (3.12)$$

При обработке отверстия в отливке и ее базировании на плоскость, или при обработке плоскости торца и базировании по отверстию, суммарное отклонение расположения  $\rho_{i-1}^{\Sigma}$  определяется геометрической суммой коробления плоскости и смещения оси отверстия.

Для каждого промежуточного расчетного размера назначаются допуски. При этом учитывается достигнутый качество точности на каждом технологическом переходе, который устанавливается с учетом таблиц точности обработки. Для валов выбирают поле допуска  $h$ , а для отверстий –  $H$  соответствующего качества точности.

Для определения величины остаточных пространственных отклонений можно воспользоваться формулой

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{заг}, \quad (3.13)$$

где  $K_y$  – коэффициент уточнения формы (таблица 3.2);

$\rho_{заг}$  – пространственное отклонение заготовки.

Таблица 3.2 – Значения коэффициента уточнения

Вид обработки	$K_y$
Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката 10-го и 11-го квалитетов	0,06
Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки	0,05
Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок, после первого технологического перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката 10-го, 11-го квалитетов	0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки	0,02
Получистовая обработка (зенкерование и черновое развертывание отверстий)	0,005
Чистовая обработка – развертывание отверстий	0,002

### 3.2 Пример выполнения практической работы

1 *Исходные данные.* Рассчитать припуски на механическую обработку поверхности  $\varnothing 50k6^{+0.018}_{+0.002}$  с окончательной шероховатостью  $Ra = 1,25$  мкм (рисунок 3.1). Заготовка – поковка штампованная, полученная на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

2 Составляем расчетную карту (таблица 3.3). В эту карту заносим технологический маршрут обработки поверхности и значения элементов припуска ( $Rz$ ,  $h$ ,  $\rho$ ) для заготовки и технологических переходов. Допуск для заготовки определен по ГОСТ 7505–89. Для ясности производим нумерацию переходов: 0 – заготовка; 1 – обтачивание черновое; 2 – обтачивание чистовое; 3 – шлифование окончательное.

Таблица 3.3 – Расчет припусков на обработку поверхности  $\varnothing 50k6$

Номер и название перехода	Элемент припуска, мкм			Расчетный припуск $2Z_{imin}$ , мкм	Расчетный размер $d_{pi}$ , мм	Допуск $Td_i$ , мкм	Предельный размер		Предельный припуск	
	$Rz$	$h$	$\rho$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка	150	250	2070		55,678	2600	55,7	58,3		
Обтачивание: черновое	50	50	125	2·2470	50,738	330	50,74	51,2	4960	7100
чистовое	30	30	83	2·225	50,288	120	50,29	50,41	450	790
Шлифование	5	15	–	2·143	50,002	16	50,002	50,018	288	392
$\Sigma =$									5698	8282

Суммарное отклонение для заготовки

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2},$$

где  $\rho_{см} = 0,9$  мм (по ГОСТ 7505–89);

$$\rho_{кор} = \Delta_K \cdot l;$$

$$l = \frac{L}{2} = \frac{325}{2} = 162,5 \text{ мм},$$

где  $\Delta_K = 1,5$  мкм/мм [3, таблица 4.8];

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 162,5 = 0,244 \text{ мм};$$

$$\rho_u = \sqrt{\frac{Td_0^2}{2} + 0,25^2} = \sqrt{3,4425} = 1,85 \text{ мм},$$

где  $Td_0 = 2,6$  мм – допуск заготовки (по ГОСТ 7505–89);

$$\rho_o = \sqrt{0,9^2 + 0,244^2 + 1,85^2} = \sqrt{4,29} = 2,07 \text{ мм}.$$

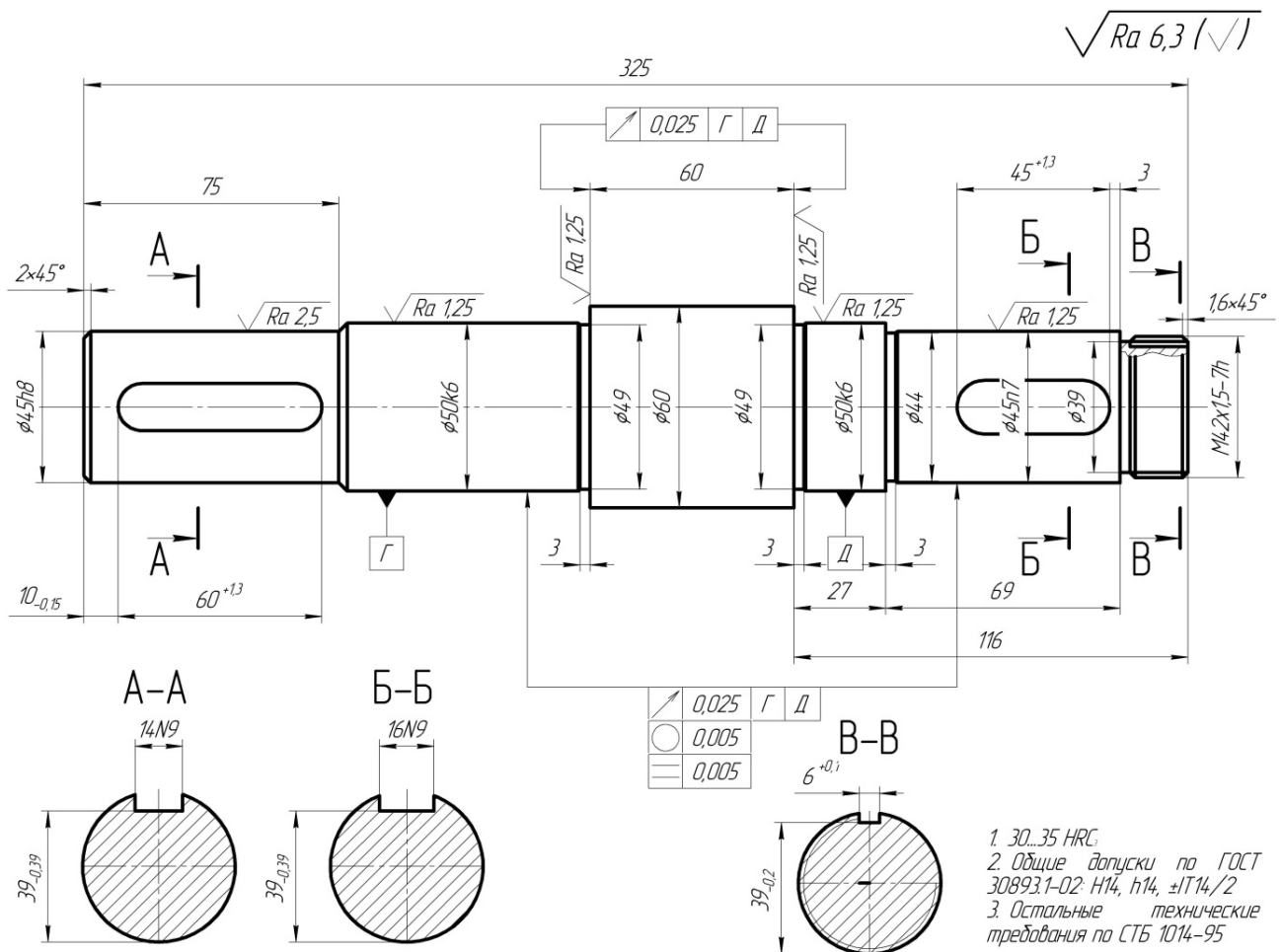


Рисунок 3.1 – Чертеж вала

Остаточные пространственные отклонения:

– после черного обтачивания

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 2070 = 124,2 \approx 125 \text{ мкм};$$

– после чистового обтачивания

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 2070 = 82,8 \approx 83 \text{ мкм}.$$

Погрешности установки для всех технологических переходов равны нулю, т. к. обработку проводят в центрах.

Все дальнейшие расчеты проведены по методике и в последовательности, которые приведены в таблице 3.1.

3 Во всех случаях расчетный минимальный припуск рассчитываем по формуле

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}).$$

Для обтачивания черного

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + h_0 + \rho_0) \text{ или } 2Z_{1\min} = 2(150 + 250 + 2070) = 2 \cdot 2470 \text{ мкм}.$$

Для обтачивания чистового

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + h_1 + \rho_1) \text{ или } 2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + 125) = 2 \cdot 225 \text{ мкм}.$$

Для шлифования

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + h_2 + \rho_2) \text{ или } 2Z_{3\min} = 2(30 + 30 + 83) = 2 \cdot 143 \text{ мкм}.$$

4 Определяем расчетные размеры:

$$d_{pi} = d_{\min i} + 2Z_{i\min}.$$

Для шлифования

$$d_{p3} = d_{\min 3}; d_{p3} = 50,002 \text{ мм}.$$

Для обтачивания чистового

$$d_{p2} = d_{p3} + 2Z_{3\min}; d_{p2} = 50,002 + 2 \cdot 0,143 = 50,288 \text{ мм}.$$

Для обтачивания черного

$$d_{p1} = d_{p2} + 2Z_{2\min}; d_{p1} = 50,288 + 2 \cdot 0,255 = 50,738 \text{ мм}.$$

Для заготовки

$$d_{p0} = d_{p1} + 2Z_{1\min}; \quad d_{p0} = 50,738 + 2 \cdot 2,47 = 55,678 \text{ мм.}$$

5 Определяем минимальные предельные размеры  $d_{\min}$ , округляя расчетные размеры в сторону увеличения, и получаем

$$d_{0\min} = 55,7 \text{ мм}; \quad d_{1\min} = 50,74 \text{ мм}; \quad d_{2\min} = 50,29 \text{ мм}; \quad d_{3\min} = 50,002 \text{ мм.}$$

6 Определяем максимальные предельные размеры  $d_{\max}$  путем прибавления допусков к минимальным предельным размерам и получаем

$$d_{0\max} = 58,3 \text{ мм}; \quad d_{1\max} = 51,2 \text{ мм}; \quad d_{2\max} = 50,41 \text{ мм}; \quad d_{3\max} = 50,018 \text{ мм.}$$

7 Определяем  $2Z_{i\min}^{np}$  и  $2Z_{i\max}^{np}$  по переходам:

$$2Z_{i\min}^{np} = d_{i-1\min} - d_{i\min};$$

$$2Z_{i\max}^{np} = d_{i-1\max} - d_{i\max}$$

и получаем

$$2Z_{1\min}^{np} = d_{0\min} - d_{1\min} = 55,7 - 50,74 = 4960 \text{ мкм};$$

$$2Z_{1\max}^{np} = d_{0\max} - d_{1\max} = 58,3 - 51,2 = 7100 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\min}^{np} = d_{1\min} - d_{2\min} = 50,74 - 50,41 = 330 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\max}^{np} = d_{1\max} - d_{2\max} = 51,2 - 50,41 = 790 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\min}^{np} = d_{2\min} - d_{3\min} = 50,29 - 50,002 = 288 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\max}^{np} = d_{2\max} - d_{3\max} = 50,41 - 50,018 = 392 \text{ мкм.}$$

8 Определяем общие предельные припуски:

$$2Z_{0\min}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{i\min}^{np}; \quad 2Z_{0\max}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{i\max}^{np};$$

$$2Z_{0\min}^{np} = 4960 + 450 + 288 = 5698 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0\max}^{np} = 7100 + 790 + 392 = 8282 \text{ мкм.}$$

9 Производим проверку правильности расчетов:

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_0 - Td_3, \text{ или } 8282 - 5698 = 2600 - 16, \text{ или } 2584 = 2584.$$

10 Определяем общий номинальный припуск:

$$2Z_{0ном} = 2Z_{0\min} + ei_0 - ei_3 = 5698 + 900 - 2 = 6596 \text{ мкм.}$$

11 Определяем номинальный размер заготовки:

$$d_{0ном} = d_{3min} + 2Z_{0ном} \text{ или } d_{0ном} = 50,002 + 6,596 = 56,598 \text{ мм.}$$

Определяем  $d_{0ном}$  в сторону увеличения и получаем  $d_{0ном} = 57$  мм.

12 Имея предельные размеры и допуски на каждый переход, определяем размеры по переходам:

- заготовка  $\text{Ø}57_{-0,9}^{+1,7}$ ;
- обтачивание черновое  $\text{Ø}51,2_{-0,46}$ ;
- обтачивание чистовое  $\text{Ø}50,41_{-0,29}$ ;
- шлифование  $\text{Ø}50_{+0,002}^{+0,018}$ .

13 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Дайте определение операционного припуска.
- 2 Перечислите составляющие припуска.
- 3 Какие методы расчета припусков Вы знаете?

## **4 Практическая работа № 4. Расчет затрат времени на операции, выполняемые на станках с ЧПУ**

*Цель работы:* приобретение навыков определения затрат времени на операции, выполняемые на станках с ЧПУ.

### ***4.1 Норма времени и ее составляющие***

**Норма времени на выполнение операций на станках с ЧПУ при работе на одном станке.** Состоит из нормы подготовительно-заключительного времени  $T_{пз}$  и нормы штучного времени  $T_{шт}$ :

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}; \quad (4.1)$$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{с} \cdot K_{тс}) \cdot \left( 1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отд}}{100} \right), \quad (4.2)$$

где  $T_{ца}$  – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$$T_{ца} = T_{о} + T_{мс}; \quad (4.3)$$

$T_{о}$  – основное (технологическое) время на обработку одной детали, мин;



$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{mi}}; \quad (4.4)$$

$L_i$  – длина пути, проходимого инструментом или деталью в направлении подачи при обработке  $i$ -го технологического участка (с учетом врезания и перебега), мм;

$S_{mi}$  – минутная подача на данном технологическом участке, мм/мин;

$T_{мв}$  – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз (остановок) и т. п.), мин;

$$T_{мв} = T_{в.у} + T_{в.оп} + T_{в.изм}; \quad (4.5)$$

$T_{в.у}$  – время на установку и снятие детали вручную или подъемником, мин;

$T_{в.оп}$  – вспомогательное время, связанное с операцией (не вошедшее в управляющую программу), мин;

$T_{в.изм}$  – вспомогательное непрерываемое время на измерения, мин;

$K_{iv}$  – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы в зависимости от партии обрабатываемых деталей;

$a_{тех}$ ,  $a_{орг}$ ,  $a_{отд}$  – время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности при одностаночном обслуживании, % от оперативного времени.

#### **Нормативы вспомогательного времени на установку и снятие детали.**

Нормативы времени на установку и снятие детали даны по видам приспособлений вне зависимости от типов станков и предусматривают наиболее распространенные способы установки, выверки и крепления деталей в универсальных и специальных зажимах и приспособлениях. В качестве главных факторов, влияющих на время установки и снятия детали, приняты масса детали, способ установки и крепления детали, характер и точность выверки.

Нормативное время на установку и снятие детали предусматривает выполнение следующей работы: взять и установить деталь, выверить и закрепить; включить и выключить станок; открепить, снять деталь и уложить в тару; очистить приспособление от стружки, протереть базовые поверхности.

При установке в специальных приспособлениях вспомогательное время определяют как сумму времени: на установку и снятие одной детали; на установку и снятие каждой последующей детали свыше одной в многоместных приспособлениях; на крепление детали с учетом количества зажимов; на очистку приспособления от стружки, на протирку базовых поверхностей.

#### **Нормативы вспомогательного времени, связанного с операцией.**

Вспомогательное время, связанное с операцией, подразделяется на:

– вспомогательное время, связанное с операцией, не вошедшее во время цикла автоматической работы станка по программе и предусматривающее выполнение следующей работы: включить и выключить лентопротяжной

механизм; установить заданное взаимное положение детали и инструмента по координатам  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и в случае необходимости произвести поднастройку; открыть и закрыть крышку лентопротяжного механизма, перемотать, заправить ленту в считывающее устройство; проверить приход детали или инструмента в заданную точку после обработки; продвинуть перфоленту в исходное положение; установить щиток от забрызгивания эмульсией и снять его;

– машинно-вспомогательное время, связанное с переходом, включенное в программу и относящееся к автоматической вспомогательной работе станка, предусматривающее: подвод детали или инструмента от исходной точки в зону обработки и отвод; установку инструмента на размер обработки; автоматическую смену инструмента; включение и выключение подачи; холостые ходы при переходе от обработки одних поверхностей к другим; технологические паузы, предусмотренные при резком изменении направления подачи, проверке размеров, для осмотра инструмента и переустановки или перезакрепления детали.

**Нормативы вспомогательного времени на контрольные измерения.** Необходимые размеры деталей, обрабатываемых на станках с числовым программным управлением, обеспечиваются конструкцией станка или режущего инструмента и точностью их настройки.

В связи с этим время на контрольные измерения (после окончания работы по программе) должно включаться в норму штучного времени только в том случае, если это предусмотрено технологическим процессом и с учетом необходимой периодичности таких измерений в процессе работы, и только в тех случаях, если оно не может быть перекрыто временем цикла автоматической работы станка по программе.

**Нормативы времени на обслуживание рабочего места.** Время на обслуживание рабочего места дано по типам и размерам оборудования с учетом одностаночного и многостаночного обслуживания в процентах от оперативного времени. Техническое обслуживание рабочего места предусматривает выполнение следующих работ:

– смену инструмента (или блока с инструментом) вследствие его затупления; регулировку и подналадку станка в процессе работы (изменение величины коррекции инструмента);

– периодическую уборку стружки в процессе работы (кроме сметания стружки с базовых поверхностей установочных приспособлений, время на которое учтено во вспомогательном времени на установку и снятие детали).

*Организационное обслуживание рабочего места* включает работу по уходу за рабочим местом (основным и вспомогательным оборудованием, технологической и организационной оснасткой, тарой), относящуюся к рабочей смене в целом:

- осмотр и опробование оборудования в процессе работы;
- раскладку инструмента в начале и уборку его в конце смены (кроме многоцелевых станков);
- смазку и чистку станка в течение смены;
- получение инструктажа мастера, бригадира в течение смены;

– уборку станка и рабочего места в конце смены.

**Нормативы времени на отдых и личные потребности.** Время на отдых и личные потребности для условий обслуживания одним рабочим одного станка отдельно не выделяется и учтено во времени на обслуживание рабочего места.

**Нормативы подготовительно-заключительного времени.** Нормативы рассчитаны на наладку станков с ЧПУ для обработки деталей по внедренным управляющим программам и не включают действий по дополнительному программированию непосредственно на рабочем месте (кроме станков, оснащенных оперативными системами программного управления).

Норма времени на наладку станка представляется как время на приемы подготовительно-заключительной работы на обработку партии одинаковых деталей независимо от партии и определяется по формуле

$$T_{nz} = T_{nz1} + T_{nz2} + T_{np.обр}, \quad (4.6)$$

где  $T_{nz1}$  – норма времени на организационную подготовку, мин;

$T_{nz2}$  – норма времени на наладку станка;

$T_{np.обр}$  – норма времени на пробную обработку.

Состав работы на организационную подготовку является общим для всех станков с ЧПУ независимо от их группы и модели. Время на организационную подготовку предусматривает:

- получение наряда, чертежа, технологической документации, программно-носителя, режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента, приспособлений, заготовок до начала и сдачу их после окончания обработки партии деталей на рабочем месте или в инструментальной кладовой;

- ознакомление с работой, чертежом, технологической документацией, осмотр заготовки;

- инструктаж мастера.

В состав работы на наладку станка, инструмента и приспособлений включаются приемы работы наладочного характера, зависящие от назначения станка и его конструктивных особенностей:

- установка и снятие крепежного приспособления;

- установка и снятие блока или отдельных режущих инструментов;

- установка исходных режимов работы станка;

- установка программноносителя в считывающее устройство и снятие его; настройка нулевого положения и др.

Время на пробную обработку деталей на станках токарной (до 630 мм) и револьверной групп включает затраты времени на обработку детали по программе (время цикла) плюс вспомогательное время на выполнение дополнительных приемов, связанных с измерением детали, вычислением коррекции, введением величин коррекций в систему ЧПУ, и вспомогательное время на приемы управления станком и системой ЧПУ.

## **4.2 Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить особенности установления норм времени на станке с ЧПУ.
- 2 Получить у преподавателя вариант задания.
- 3 Рассчитать основное время обработки.
- 4 Установить норму машинно-вспомогательного времени.
- 5 Установить нормативы подготовительно-заключительного времени.
- 6 Рассчитать штучно-калькуляционное время.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Что включает в себя штучно-калькуляционное время?
- 2 Что включает в себя норма штучного времени при выполнении операций на станках с ЧПУ?
- 3 На какие составляющие подразделяется вспомогательное время, связанное с операцией?
- 4 Какие работы предусматривает техническое обслуживание рабочего места?
- 5 Что включают в себя нормативы подготовительно-заключительного времени?

## **5 Практическая работа № 5. Проектирование технологических процессов обработки**

*Цель работы:* приобретение практических навыков разработки маршрутных технологических процессов (ТП).

### **5.1 Теоретические сведения**

При разработке техпроцесса необходимо использовать следующие рекомендации:

- тщательно проверить возможность встраивания в автоматическую линию выбранных для техпроцесса станков;
- определить технологические базы заготовки и решить, можно ли на принятых базах выполнить все операции обработки детали и обеспечить требуемую точность и шероховатость её поверхностей;
- в качестве технологических баз следует принимать такие поверхности заготовки, которые обеспечивают их удобную установку, надежную фиксацию и закрепление в приспособлении станков;
- определить, позволяют ли принятые технологические базы обрабатывать деталь в стационарных станочных приспособлениях или в приспособлениях-спутниках;
- определить концентрацию операций (переходов) на отдельных станках, учитывая при этом, что сложные наладки требуют дополнительных затрат времени на замену инструментов;

– разработанный технологический процесс обработки детали должен предусматривать выполнение сначала черновых, затем получистовых и в конце чистовых операций (переходов);

– определить возможности использования современных обрабатывающих центров;

– проверить, обеспечивается ли необходимая точность всех обрабатываемых поверхностей детали при её обработке.

Проверка начинается с установления общего количества этапов обработки, требуемых для обеспечения заданных показателей точности выбранной поверхности. Устанавливается необходимое общее уточнение в процессе обработки по формуле

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (5.1)$$

где  $T_{\text{заг}}$ ,  $T_{\text{дет}}$  – допуски исходной заготовки и готовой детали соответственно.

Затем следует определить количество переходов обработки по формуле

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{\text{общ}}}{0,46}. \quad (5.2)$$

Для условий массового и крупносерийного производства полученное значение, как правило, округляется в большую сторону, а в условиях мелкосерийного и единичного – в меньшую.

Точность обработки на промежуточных стадиях устанавливается на основании зависимости

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \prod \varepsilon_i \geq \varepsilon_{\text{общ}}, \quad (5.3)$$

где  $\varepsilon_{\text{обр}}$  – уточнение, достигаемое при выполнении технологического процесса;

$\varepsilon_i$  – уточнение, достигаемое в процессе выполнения отдельного технологического перехода.

При разделении общего уточнения на множители учитывают, что на первой стадии методы черновой обработки поверхности обеспечивают  $\varepsilon_{\text{черн}} < 6$ , на второй стадии обработки получистовыми и чистовыми методами –  $\varepsilon_{\text{чист}} < 3 \dots 4$ , на третьей стадии обработки (обработка с точностью 5...7-го качества) –  $\varepsilon_{\text{отд}} < 1,5 \dots 2$ ;  $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \dots > \varepsilon_i$ , а также сведения о точности обработки.

Устанавливается количество операций (переходов) механической обработки и их содержание.

Для принятого техпроцесса дается обоснование выбора черновых и чистовых технологических баз, особое внимание обращается на обеспечение принципов постоянства и совмещения баз. Если принципы постоянства и совмещения баз не выдерживаются, то следует дать обоснование необходимости смены баз.

При назначении рационального маршрута обработки поверхностей следует пользоваться сведениями о средней точности обработки и шероховатости

обработанной поверхности, приведенными в таблицах 5.1–5.5.

Таблица 5.1 – Средняя точность обработки и шероховатость обработанной поверхности при обработке наружных поверхностей тел вращения

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости $Ra$ , мкм
Обтачивание однократное	12	6,3
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое	10...8	3,2
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование однократное	8...6	0,8
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Обтачивание тонкое	7...6	0,4
Обтачивание однократное. Шлифование предварительное. Шлифование чистовое	7...6	0,4
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование предварительное. Шлифование чистовое	6	0,4
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование предварительное. Шлифование тонкое	6...5	0,2
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование предварительное. Шлифование чистовое. Шлифование тонкое	5	0,2...0,1

Таблица 5.2 – Средняя точность обработки и шероховатость обработанной поверхности цилиндрических отверстий

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости $Ra$ , мкм
1	2	3
<i>В сплошном металле</i>		
Сверление	12	25...12,5
Сверление и зенкерование	11	6,3...3,2
Сверление и развертывание	8...9	3,2...1,6
Сверление и протягивание	9..8	3,2...0,4
Сверление, зенкерование и развертывание	9...8	1,6...0,8
Сверление и двукратное развертывание	8...7	1,6...0,4
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	0,8...0,4

Окончание таблицы 5.2

1	2	3
Сверление, протягивание и калибрование	8...7	0,8...0,4
<i>В заготовках с отверстием</i>		
Зенкерование или растачивание	12	6,3...3,2
Рассверливание	12	25...6,3
Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	12,5...6,3
Зенкерование или растачивание и развертывание	9...8	3,2...1,6
Зенкерование и растачивание	9...8	6,3...3,2
Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание	9...8	1,6...0,8
Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание	8...7	0,8...0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8...7	0,2...0,05
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8...7	0,1...0,025
Прогрессивное протягивание и шлифование	8...7	0,8...0,2

Таблица 5.3 – Средняя точность и шероховатость обработки плоских поверхностей

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости $Ra$ , мкм
Строгание и фрезерование цилиндрическими и торцевыми фрезами:		
черновое	14...11	12,5...3,2
получистовое и однократное	12...11	3,2...1,6
чистовое	10	1,6...0,8
тонкое	8...6	1,6...0,2
Протягивание:		
черновое литых и штампованных поверхностей	11...10	3,2...1,6
чистовое	8...6	1,6...0,4
Шлифование:		
однократное	8...7	1,6...0,4
предварительное	9...8	0,8...0,4
чистовое	7	0,4...0,1
тонкое	6	0,2...0,05
<i>Примечания</i>		
1 Данные относятся к обработке жестких деталей с габаритными размерами не более 1 м при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы.		
2 Точность обработки торцевыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими примерно на один квалитет.		
3 Тонкое фрезерование проводят только торцевыми фрезами		

Таблица 5.4 – Средняя точность и шероховатость обработки резбовых поверхностей

Способ обработки	Поле допуска	Параметр шероховатости $Ra$ , мкм
Круглыми плашками	8g	12,5...6,3
Метчиками	8H	6,3...3,2
Фрезерование: дисковыми фрезами	6g	6,3...1,6
гребенчатыми фрезами	6g	6,3...3,2
Точение: резцами	4h	3,2...0,8
гребенками	6g	6,3...0,8
Вращающимися резцами (вихревой метод)	6g	3,2...1,6
Самораскрывающимися головками	4h	6,3...1,6
Накатывание: плашками	6g	0,8...0,4
резьбонакатными роликами	6g...4h	0,8...0,2

Таблица 5.5 – Средняя точность обработки зубчатых колес

Способ обработки	Степень точности	Параметр шероховатости $Ra$ , мкм
Фрезерование: предварительное	9...10	12,5...3,2
чистовое дисковой фрезой	8...9	6,3...1,6
чистовое червячной фрезой	7...8	6,3...1,6
Долбление чистовое	6...8	3,2...0,8
Протягивание	6...7	3,2...0,8
Строгание чистовое	5...7	3,2...0,8
Шевингование	6...7	1,6...0,4
Шлифование	4...5	0,8...0,2

Принятый маршрутный технологический процесс целесообразно оформить в виде таблицы 5.6.

В таблицу следует включать всю информацию, необходимую для оформления маршрутных карт, операционных карт, карт эскизов, а также контрольных карт.

Таблица 5.6 – Маршрутный технологический процесс изготовления вала

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологическая база
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центровальная 1 Фрезеровать торцы. 2 Сверлить центровые отверстия	MP-77	Фреза торцевая $\varnothing 125$ , Т5К10. Сверло центровочное $\varnothing 4$ , P6M5	Поверхности заготовки $\varnothing 40$ , торец



Окончание таблицы 5.6

1	2	3	4	5
010	Токарная с ЧПУ 1 Точить начерно поверхности $\varnothing 37, \varnothing 42, \varnothing 50$ . 2 Точить начисто поверхности $\varnothing 35, \varnothing 40$ . 3 Точить фаски. 4 Точить канавки	16К20Ф3	Резец проходной $16 \times 25, T5K10$ . Резец канавочный T5K10	Центровые отверстия, торец
015	Вертикально-фрезерная 1 Фрезеровать шпоночный паз ( $b = 8N9, l = 32$ )	6M12П	Фреза шпоночная $\varnothing 12, P6M5$	Цилиндрические поверхности $\varnothing 25, \varnothing 30$ , торец
020	Термическая			
	...			
045	Контрольная	Стол ОТК		

## 5.2 Пример выполнения практической работы

1 *Исходные данные.* Тип производства – среднесерийное; тип детали – вал; размер детали  $\varnothing 55k6 \left( \begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$ .

2 Выбор заготовки.

В качестве заготовки принимаем прокат горячекатаный  $\varnothing 60 \begin{smallmatrix} +0,5 \\ -1,1 \end{smallmatrix}$ .

3 Расчет необходимого уточнения ТП.

Необходимое общее уточнение рассчитываем по формуле

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{1,6}{0,019} = 84,21.$$

4 Установление количества переходов.

Определяем количество переходов обработки по формуле

$$n = \frac{\lg 84,21}{0,46} = 4,1. \quad (5.4)$$

Окончательно принимаем четыре перехода.

5 Разработка маршрута обработки поверхности.

Для обработки поверхности  $\varnothing 55k6$  назначаем следующий маршрут:

- 1) точение черновое;
- 2) точение чистовое;
- 3) шлифование предварительное;
- 4) шлифование окончательное.

Распределяем общее уточнение и назначаем по переходам:

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 4; \varepsilon_3 = 2; \varepsilon_4 = 1,8.$$

Рассчитываем допуски на межоперационные размеры:

$$T_1 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_1} = \frac{1,6}{6} = 0,266 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайший стандартный допуск в 300 мкм, что соответствует 12-му качеству точности.

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{300}{4} = 75 \text{ мкм.}$$

Принимаем ближайший стандартный допуск в 74 мкм, что соответствует 9-му качеству точности.

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{74}{2} = 37 \text{ мкм.}$$

Принимаем ближайший стандартный допуск в 30 мкм, что соответствует 7-му качеству точности.

Выполняем проверку правильности назначения межоперационных допусков.

Рассчитываем промежуточное значение уточнений:

$$\varepsilon_1 = \frac{1,6}{0,3} = 5,3; \quad \varepsilon_2 = \frac{300}{74} = 4,05; \quad \varepsilon_3 = \frac{74}{30} = 2,5; \quad \varepsilon_4 = \frac{30}{19} = 1,6.$$

Определяем общее уточнение для принятого маршрута обработки по формуле

$$\varepsilon_{обр} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 5,3 \cdot 4,05 \cdot 2,5 \cdot 1,6 = 85,86.$$

Полученное значение показывает, что при принятом маршруте точность обработки поверхности  $\varnothing 55k6$  обеспечивается, т. к.  $84,21 < 85,86$ .

6 Разработка маршрута обработки детали (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Маршрутный технологический процесс изготовления вала

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологическая база
005	Фрезерно-центровальная 1 Фрезеровать торцы. 2 Сверлить центровые отверстия	MP-77	Фреза торцовая $\varnothing 80$ , Т5К10. Сверло центровочное $\varnothing 4$ , P6M5	Поверхности заготовки $\varnothing 40$ , торец

Окончание таблицы 5.7

010	Токарная с ЧПУ 1 Точить поверхности $\varnothing 58$ , $\varnothing 42$ , $\varnothing 50$ начерно. 2 Точить поверхности $\varnothing 57$ , $\varnothing 40$ начисто. 3 Точить фаски. 4 Точить канавки	16К20Ф3	Резец проходной 16×25, Т5К10. Резец канавочный Т5К10	Центровые отверстия, торец
015	Вертикально- фрезерная 1 Фрезеровать шпоночный паз ( $b = 8N9$ , $l = 32$ )	6М12П	Фреза шпоночная $\varnothing 12$ , Р6М5	Цилиндрические поверхности $\varnothing 25$ , $\varnothing 30$ , торец
020	Термическая			
025	Шлифовальная 1 Шлифовать $\varnothing 56$ предварительно	3М152	Круг 1 600×80×305 14А 25П С1 7 К5 50М/С А 1 Кл. ГОСТ 2424–83	Центровые отверстия
030	Шлифовальная 1 Шлифовать $\varnothing 55$ окончательно	3М152	Круг 1 600×80×305 14А 25П С1 7 К5 50М/С А 1 Кл. ГОСТ 2424–83	Центровые отверстия
035	Контрольная	Стол ОТК		

### **Контрольные вопросы**

- 1 Понятие базы в технологии машиностроения.
- 2 Каким образом можно установить количество переходов обработки поверхности?
- 3 Перечислите требования, предъявляемые к черновым базам.

## **6 Практическая работа № 6. Разработка технологической документации**

*Цель работы:* приобретение практических навыков оформления технологической документации на техпроцесс механообработки деталей.

### **6.1 Теоретические сведения**

Разработанные технологические процессы оформляются на бланках соответствующих технологических документов, степень подробности которых устанавливается в зависимости от типа и характера производства, а также от сложности и точности обрабатываемых изделий.

ГОСТ 3.1102–81 подразделяет основные технологические документы на документы общего и специального назначения. Комплектность технологических

документов устанавливают в зависимости от вида разрабатываемого технологического процесса (таблица 6.1). В комплект технологической документации единичного технологического процесса изготовления детали входят: титульный лист (ТЛ), ведомость оснастки (ВО), ведомость технологических документов (ВТД), маршрутная карта (МК), карта эскизов технологического процесса изготовления детали (КЭ), операционные карты сварки, нанесения покрытий, механической обработки (ОК).

Таблица 6.1 – Служебные символы и соответствующее им содержание информации

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные в строке	Примечание
МО1	Информация о материале и масса изготавливаемой детали с указанием массы в графе «Н.расх.»	МК/ОК
А	Номер цеха, участка, рабочего места, номер и наименование операции	МК, МК/ОК, МК/КТО
Б	Код, наименование оборудования и информация о трудозатратах	МК/ОК, МК/КТО
М	Информация о применяемом для изготовления материале (наименование, обозначение)	МК/ОК, МК/КТО
О	Содержание операции (перехода)	МК к ЕТП, МК/ОК, МК/КТО
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке	МК/ВО, МК, МК/ОК, МК/КТО
С	Номер по порядку деталей, изготавливаемых по типовому технологическому процессу, наименования и обозначения по конструкторским документам, информация о массе детали	МК/ВТП, МК/ВТО
Ш	Переменные данные по номерам цеха, участка, рабочего места, операции и трудозатратам	МК/ВТП, МК/ВТО
Р	Информация о технологических режимах	МК к ЕТП, МК/ОК, МК/КТО, МК/ВТП, МК/ВТО

Документами общего назначения являются карта эскизов и технологическая инструкция.

*Маршрутная карта* (МК) содержит полное описание технологического процесса, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали в технологической последовательности её изготовления с указанием сведений об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

Сложные операции описывают в МК сокращенно. Последовательность записи информации по типам строк: «А», «Б». При определении операций, подлежащих полному описанию в операционных картах, учитывают: сложность и точность базирования детали при обработке; необходимость поэлементного описания операций; необходимость указания данных о режимах.

Наименование операций должно отражать применяемый вид оборудования, например, «Наплавочная», «Токарная», «Круглошлифовальная» и т. д.

Условные обозначения граф МК приведены в таблице 6.2.

В графе с условным обозначением «УТ» записывают в виде дроби в числителе условия труда, а в знаменателе – вид нормы времени. Запись выполняют в строку, например, «Н/Р». Принятые обозначения условий труда и норм времени приведены в таблице 6.3.

Информацию общего назначения, например, общие требования к выполнению технологического процесса, требования к безопасности труда следует указывать перед новой операцией по всей длине строки. Операцию технического контроля в МК записывают в конце технологического маршрута.

Таблица 6.2 – Условные обозначения граф маршрутной карты

Наименование (условное обозначение) графы	Содержание информации
1	2
Цех	Номер цеха, в котором выполняется операция
Уч.	Номер участка, конвейера, поточной линии
РМ	Номер рабочего места
Опер.	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления, включая контроль и перемещение
Код, наименование операции	Наименование операции
Обозначение документа	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении операции. Состав документов указывают через разделительный знак «;»
Код, наименование оборудования	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, инвентарный номер
СМ	Степень механизации. Не заполняется
Проф.	Код профессии по классификатору. Не заполняется
Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
УТ	Код условий труда по классификатору и код вида нормы
КР	Количество исполнителей
КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей (сборочных единиц) при выполнении операции
ОП	Объем производственной партии, шт.
<i>Кшт.</i>	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
<i>Тп.з</i>	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
<i>Тшт.</i>	Норма штучного времени на операцию
Наименование детали, сб. единицы или материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операций

Окончание таблицы 6.2

1	2
Обозначения, код	Обозначения деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу. Не заполняется
ОПП	Обозначения подразделения (склада), откуда поступают комплектующие детали. Не заполняется
ЕД	Единица измерения величины
ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
КИ	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке, при разборке – количество получаемых деталей
<i>Н. расх</i>	Норма расхода материала

Таблица 6.3 – Обозначение условий труда и вида нормы времени

Условия труда	Обозначение	Норма времени	Обозначение
Нормальные	Н	Расчетная	Р
Тяжелые, вредные	Т	Хронометрическая	ХР
Особо тяжелые, особо вредные	ОТ	Опытно-статистическая	ОС

Пример заполнения маршрутной карты представлен на рисунке 6.1.

*Карта эскизов* – это графический документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, поясняющие выполнение технологического процесса, операции или перехода, включая контроль и перемещения (рисунок 6.2).

*Технологическая инструкция* содержит описание технологического процесса, методов и приёмов, повторяющихся при изготовлении деталей, правил эксплуатации средств технологического оснащения.

Документы специального назначения посвящены описанию технологического процесса и операций в зависимости от типа производства. К числу обязательных документов специального назначения относятся: маршрутная карта, карта технологического процесса, операционная карта.

Взамен маршрутной карты допускается использовать *карты технологического процесса*. Они служат для операционного описания технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

*Карта типового (группового) технологического процесса* служит для описания технологического процесса изготовления или ремонта изделий в технологической последовательности по всем операциям одного вида обработки, сборки или ремонта с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.







Для единичных технологических процессов разрабатывается *операционная карта*, в которой содержится описание технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, средств технологического оснащения, сведений о режимах и трудовых затратах.

Операционные карты (ОК) разрабатывают на все операции, которые подлежат полному описанию с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технического оснащения, технологических режимах и трудозатратах. ОК механической обработки детали оформляют на формах 3 и 2б по ГОСТ 3.1404–86. Условное обозначение документа – ОК. Операционные карты на другие операции – на формах 2 и 1б МК по ГОСТ 3.1118–82. Условное обозначение документа – МК/ОК. Для описания операций применяют построчный (модульный) принцип внесения информации. Каждой начальной строке модуля соответствует свой служебный символ, который характеризует состав информации (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Условные обозначения граф формы ОК по ГОСТ 3.1404–86

Условное обозначение графы	Содержание графы
ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. д.)
МД	Масса детали
МЗ	Масса заготовки
КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей
СОЖ	Смазочно-охлаждающая жидкость

На строке со служебным символом «А» записывают номер и наименование операции из маршрутной карты. После наименования операции на этой же строке записывают обозначение документа (карты эскизов), разработанного для этой операции. На следующей строке со служебным символом «Б» указывают применяемое оборудование. Если материалы применяются на одном из нескольких технологических переходов, то информацию о применяемых материалах записывают в строках с символом «М», следующих после строки с символом «Р» (информация о технологических режимах) данного перехода. Информацию о режимах записывают по всей длине строки.

Запись содержания перехода (строка с символом «О») должна начинаться с ключевого слова: «Установить и закрепить», «Наплавить», «Переустановить и закрепить», «Точить» и т. д. Она может быть полная и сокращенная. Полную запись следует делать при отсутствии графического изображения (карты эскизов). Например, «Точить поверхность, выдерживая размеры  $d = 40_{-0,34}$  и  $l = 40 \pm 0,1$ ». При наличии карты эскизов, достаточно полно отражающей необходимую информацию, запись перехода делается по сокращенной форме. Например, «Точить канавку 1».

Сведения о технологической оснастке записывают после записи перехода на строке со служебным символом «Т». Если оснастка выпускается серийно, записывается ее наименование и обозначение по действующему классификатору; если оснастка подлежит проектированию и изготовлению, после её наименования пишут «Цеховая».

Запись данных о технологических режимах делают после информации по оснастке, используя строку со служебным символом «Р». Допускается сведения о режимах указывать в тексте содержания перехода.

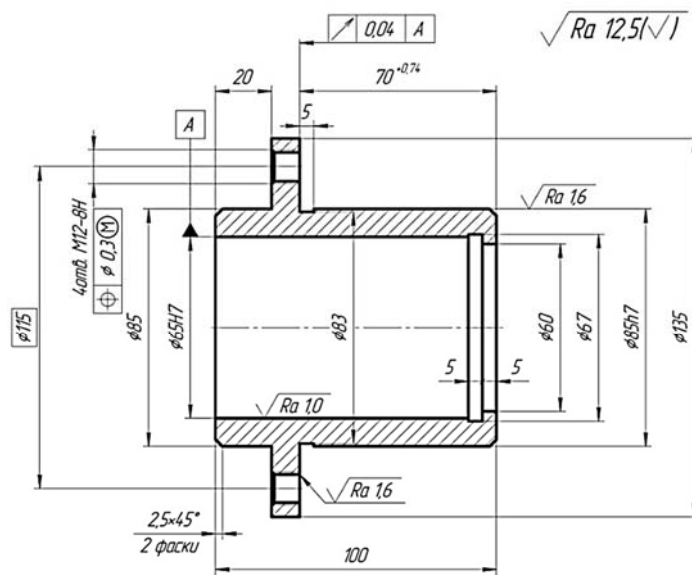
Пример заполнения операционной карты представлен на рисунке 6.3.

ГОСТ 3.1404-86 Форма 2											
Дубль											
Взам.											
Подп.											
Разраб.											
Провер.											
Уме.											
			БРУ	КТМ.16					60146		
Вал-шестерня									20		
И.контр.	Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЭ	КОНД
	Резьбофрезерная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		217...229НВ	кг	6,8	Ø132×248		8,9	1
	Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тгз	Тшт-к	Сож		
	5K63				1,06	0,74	-	1,95	Эмульсия		
Р			НИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
01											
02	1. Фрезеровать резьбу, выдерживая размеры 1, 2										
Т 03	Фреза гребенчатая Р6М5 ГОСТ 1336-77; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89										
Р04				36	23	0,812	1	1,5	400	45,216	
05											
006	Контроль исполнителем 10%										
Т07											
Р08											
09											
010											
Т11											
Р12											
13											
ОК											

Рисунок 6.3 – Пример заполнения операционной карты

## 6.2 Пример выполнения работы

### 1 Исходные данные. Чертеж стакана (рисунок 6.4).



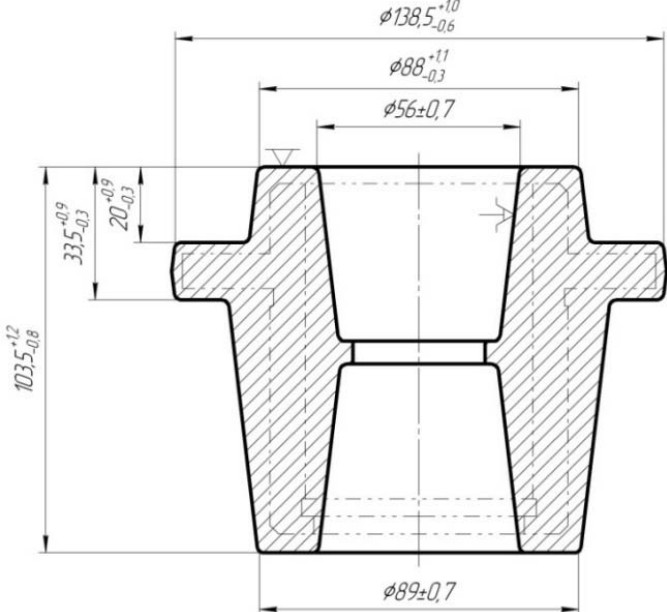
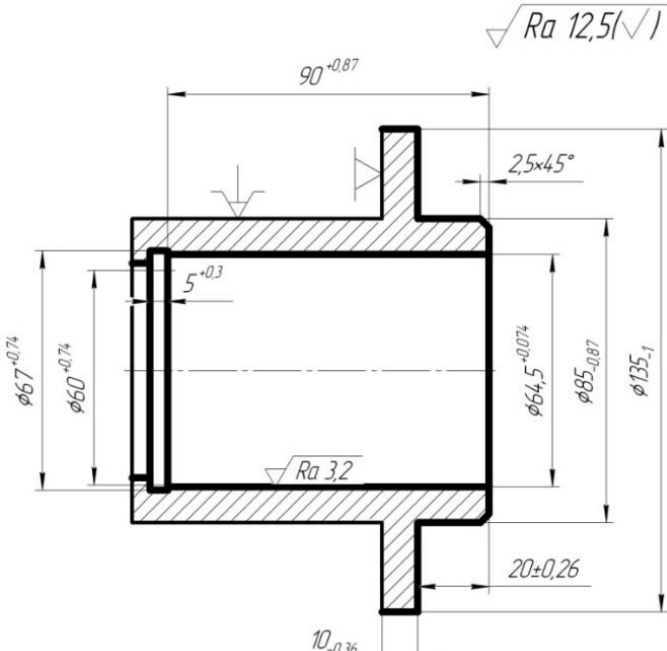
- 1 177.229 НВ
- 2 Общие допуски по ГОСТ 30893.1-02: h14, H14, ±IT14/2
- 3 Остальные требования по СТБ 1014-95

Рисунок 6.4 – Стакан (материал – сталь 45)

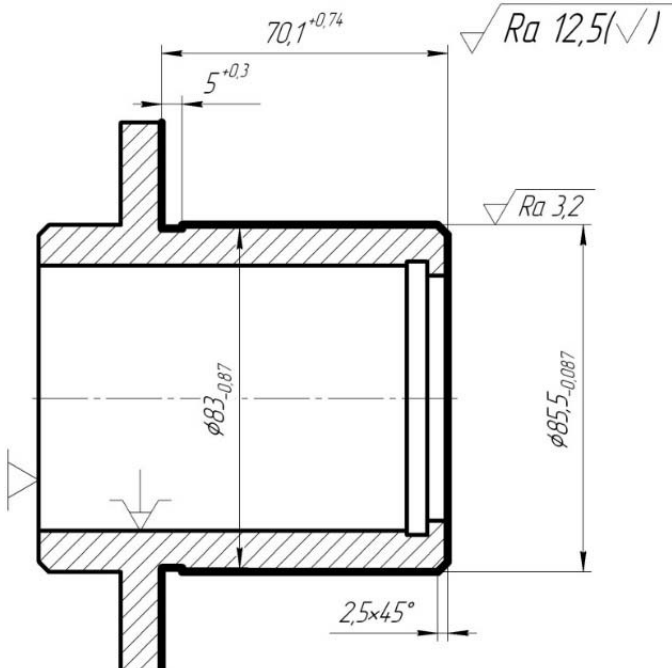
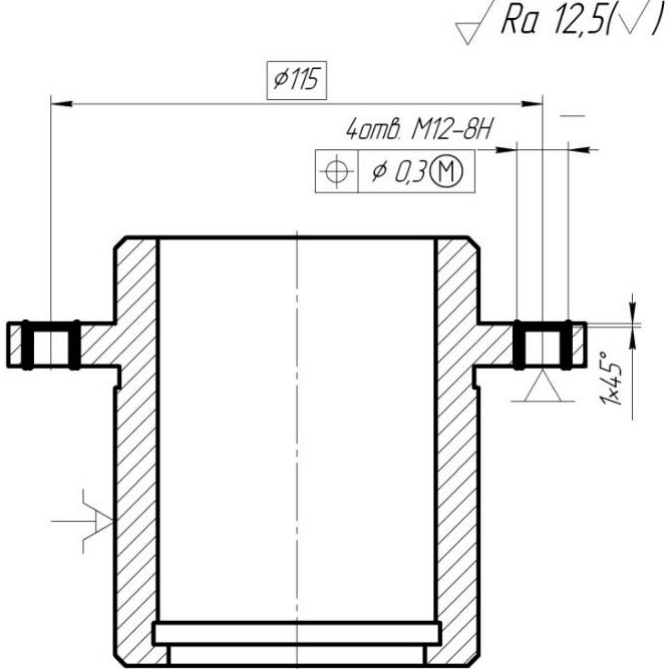
2 Разрабатываем технологический процесс (таблица 6.5).

3 Выводы.

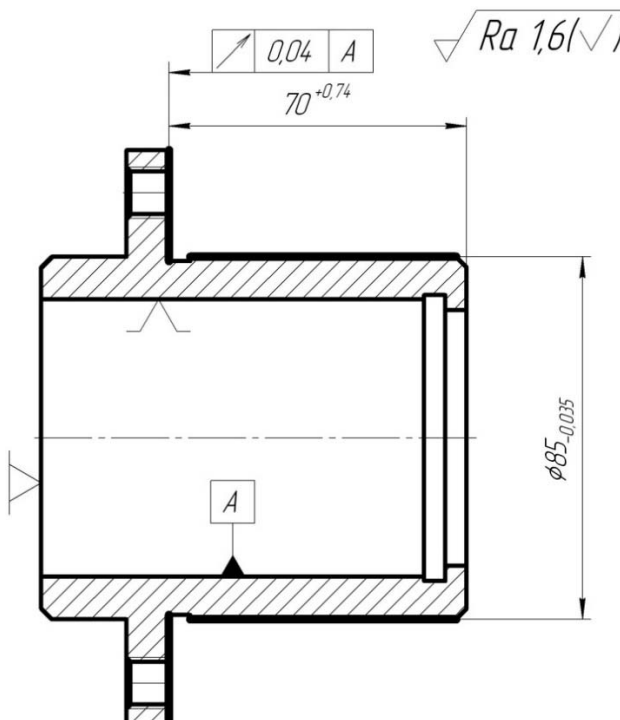
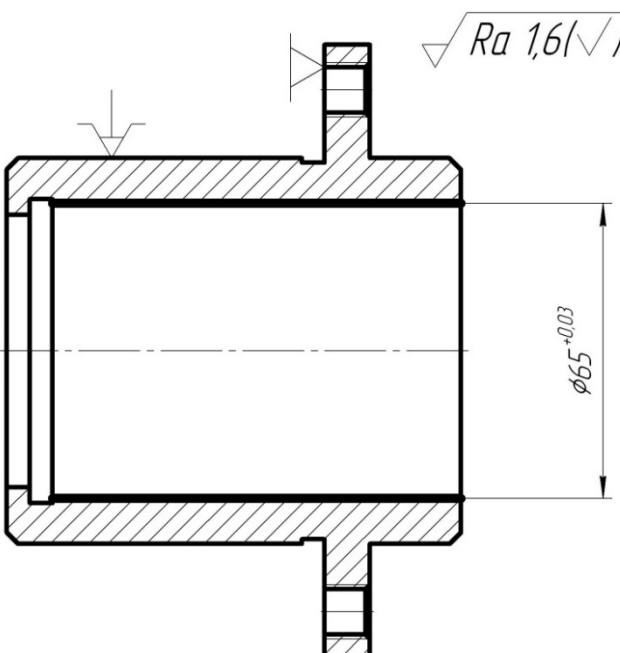
Таблица 6.5 – Технологический маршрут изготовления стакана

Номер, наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование
1	2	3
<p>005 Заготовительная</p> <p>Штамповка</p>		<p>Кривошипный горячештамповочный пресс</p>
<p>010 Токарная с ЧПУ</p> <p>1 Точить фланец и торцы.</p> <p>2 Расточить отверстия.</p> <p>3 Расточить канавку</p>		<p>Токарный с ЧПУ мод. 16Б16Т1</p>

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3
<p>015 Токарная с ЧПУ</p> <p>1 Точить торцы и наружную поверхность. 2 Точить канавку. 3 Точить фаску</p>	 <p>Technical drawing of a turned part. Dimensions: <math>70,1^{+0,74}</math>, <math>5^{+0,3}</math>, <math>Ra 12,5(\sqrt{1})</math>, <math>Ra 3,2</math>, <math>\phi 83_{-0,087}</math>, <math>\phi 85,5_{-0,087}</math>, and <math>2,5 \times 45^\circ</math>.</p>	<p>Токарный с ЧПУ мод. 16Б16Т1</p>
<p>020 Вертикально-сверлильная с ЧПУ</p> <p>1 Центровать четыре отверстия. 2 Сверлить четыре отверстия. 3 Зенковать четыре отверстия. 4 Нарезать резьбу в четырех отверстиях</p>	 <p>Technical drawing of a vertically drilled part. Dimensions: <math>\phi 115</math>, 4 отв. M12-8H, <math>\phi 0,3 (M)</math>, and <math>1 \times 45^\circ</math>.</p>	<p>Вертикально-сверлильный с ЧПУ мод. 2Р118Ф2</p>

Окончание таблицы 6.5

1	2	3
<p>025 Торцекруглошлифовальная</p> <p>1 Шлифовать наружную поверхность и торец</p>		<p>Торцекруглошлифовальный мод. 3Т160</p>
<p>030 Внутришлифовальная</p> <p>1 Шлифовать отверстие</p>		<p>Внутришлифовальный мод. 3К227В</p>

### Контрольные вопросы

- 1 Из каких карт состоит комплект документов на техпроцесс обработки деталей машин?
- 2 Какую информацию содержит в себе маршрутная карта?
- 3 Какую информацию вносят в операционную карту?

## 7 Практическая работа № 7. Построение схемы и циклограммы сборки

*Цель работы:* приобретение практических навыков построения схемы и циклограммы сборки.

### 7.1 Теоретические сведения

Схема сборки изделия представляет собой принципиальную последовательность выполнения сборочных приемов, переходов и операций.

Разработку документов для организации технологического процесса сборки начинают с составления схемы сборки. Разработка технологических схем сборки создает условия для высококачественного проектирования технологических процессов сборки машин.

*Технологическая схема сборки* – это наглядное изображение порядка сборки машины и входящих в нее деталей сборочных единиц или комплектов.

На этих схемах каждый элемент изделия обозначают прямоугольником, в котором указывают наименование составной части, позицию на сборочном чертеже изделия, количество. Деталь или ранее собранная сборочная единица, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие детали и сборочные единицы, как сказано ранее, называется базовой деталью или базовой сборочной единицей. Процесс сборки изображается на схеме горизонтальной (вертикальной) линией в направлении от прямоугольника с изображением базовой детали до прямоугольника, изображающего готовое изделие. Сверху и снизу от горизонтальной линии показывают прямоугольники, условно обозначающие детали и сборочные единицы в последовательности присоединения их к базовой детали. На схеме сборки также условными обозначениями (кружками, треугольниками с буквами) показывают места регулировки, пригонки и другие операции. Пример схемы сборки редуктора представлен на рисунке 7.1.

Четкую организацию сборочного процесса во времени позволяет осуществить циклограмма сборки.

Циклограмма – это графическое представление последовательности выполнения операций, переходов или приемов сборочного процесса и затрат времени на их выполнение. При построении циклограммы в вертикальной колонке построчно записываются все операции, переходы и приемы. Степень их дифференциации зависит от уровня циклограммы.

Например, если строится циклограмма общей сборки, то в ней может быть достаточно представить только операции. При построении циклограммы отдельных операций возникает необходимость представления в ней отдельных переходов, приемов и т. д. На горизонтальной оси циклограммы откладываются текущее время и его затраты на выполнение каждого элемента сборочного процесса.

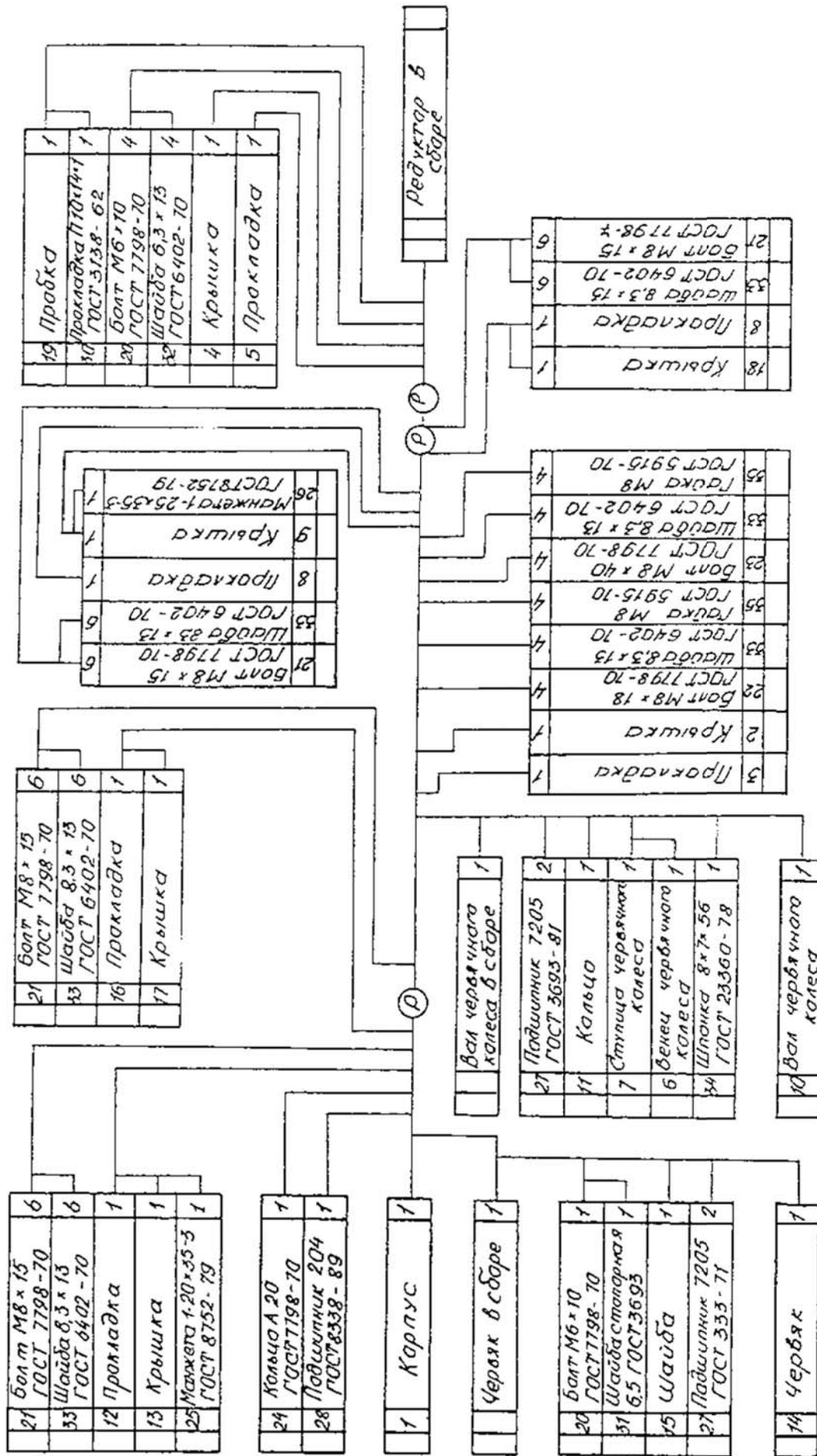


Рисунок 7.1 – Схема сборки червячного редуктора

## **7.2 Порядок выполнения работы**

- 1 Получить у преподавателя сборочный чертеж сборочной единицы.
- 2 Оформить спецификацию на сборочную единицу.
- 3 Построить схему сборки сборочной единицы.
- 4 Построить подробную циклограмму сборки узла с учетом возможности параллельной сборки, определить минимально возможное время сборки.
- 5 Разделить процесс сборки на операции, оформить маршрутную карту сборки сборочной единицы, на одну сборочную операцию оформить операционную карту и карту эскизов.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Для чего составляется схема сборки?
- 2 Для чего составляется циклограмма сборки?
- 3 Какая информация указывается на схеме сборки?
- 4 Какая информация указывается на циклограмме сборки?

## **Список литературы**

- 1 **Жолобов, А. А.** Технология автоматизированного производства / А. А. Жолобов. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 624 с.
- 2 Технология автоматизированного машиностроения / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 384 с.
- 3 **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
- 4 Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.
- 5 Технология машиностроения. Практикум: учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.: ил.
- 6 **Жолобов, А. А.** Практикум по технологии машиностроения : учебное пособие / А. А. Жолобов, И. Д. Камчицкая, А. М. Федоренко ; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : РИВШ, 2020. – 316 с.